

Drivers of stream-living brown trout populations in Spain: An assessment at a large geographical scale.

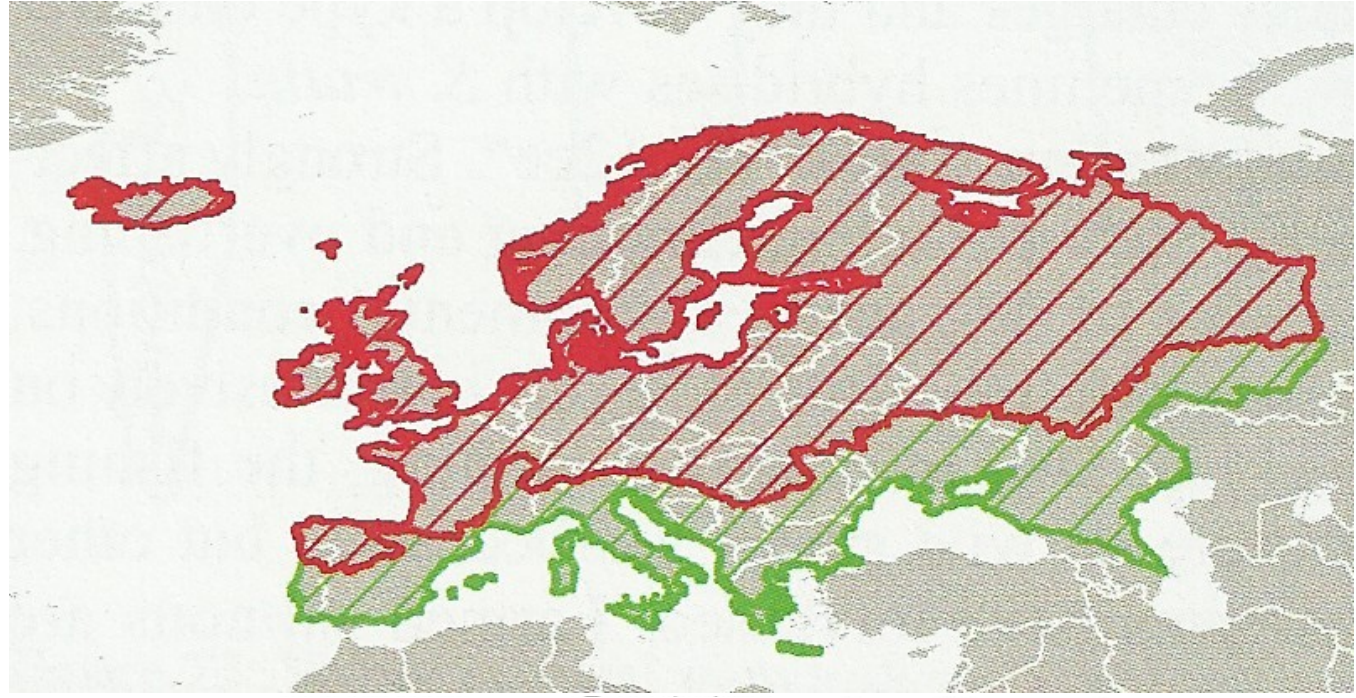
Carlos ALONSO
Javier GORTAZAR
Iñigo MENDIOLA
Javier ALVAREZ
Diego GARCIA DE JALON
Joaquin SOLANA



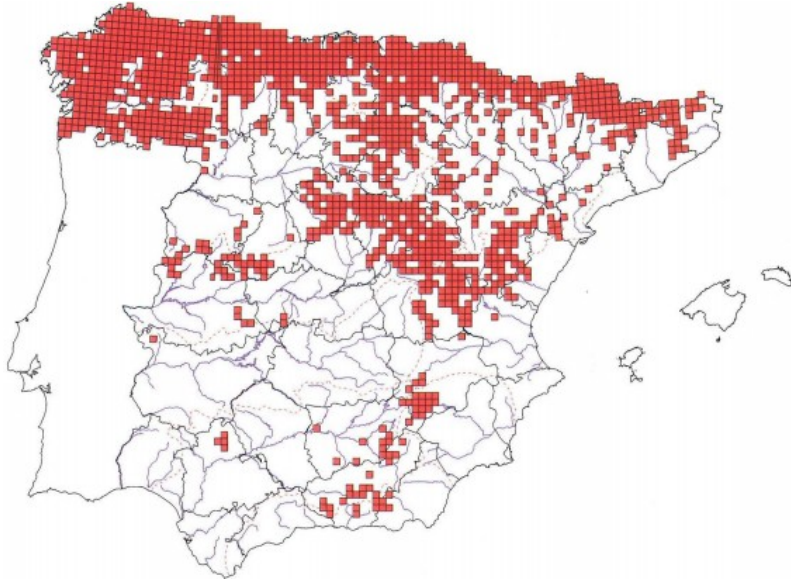
ECOHIDRÁULICA, SL

Universidad Politécnica de Madrid



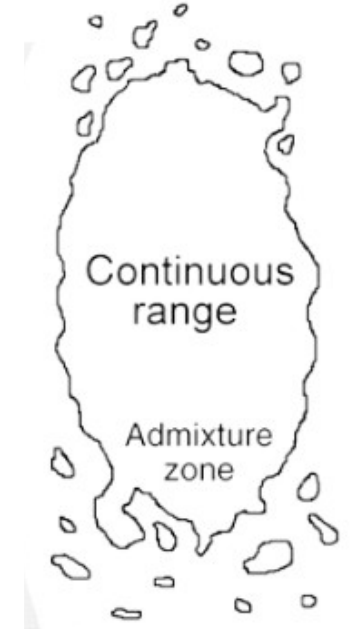


Kottelat & Freyhof (2007)



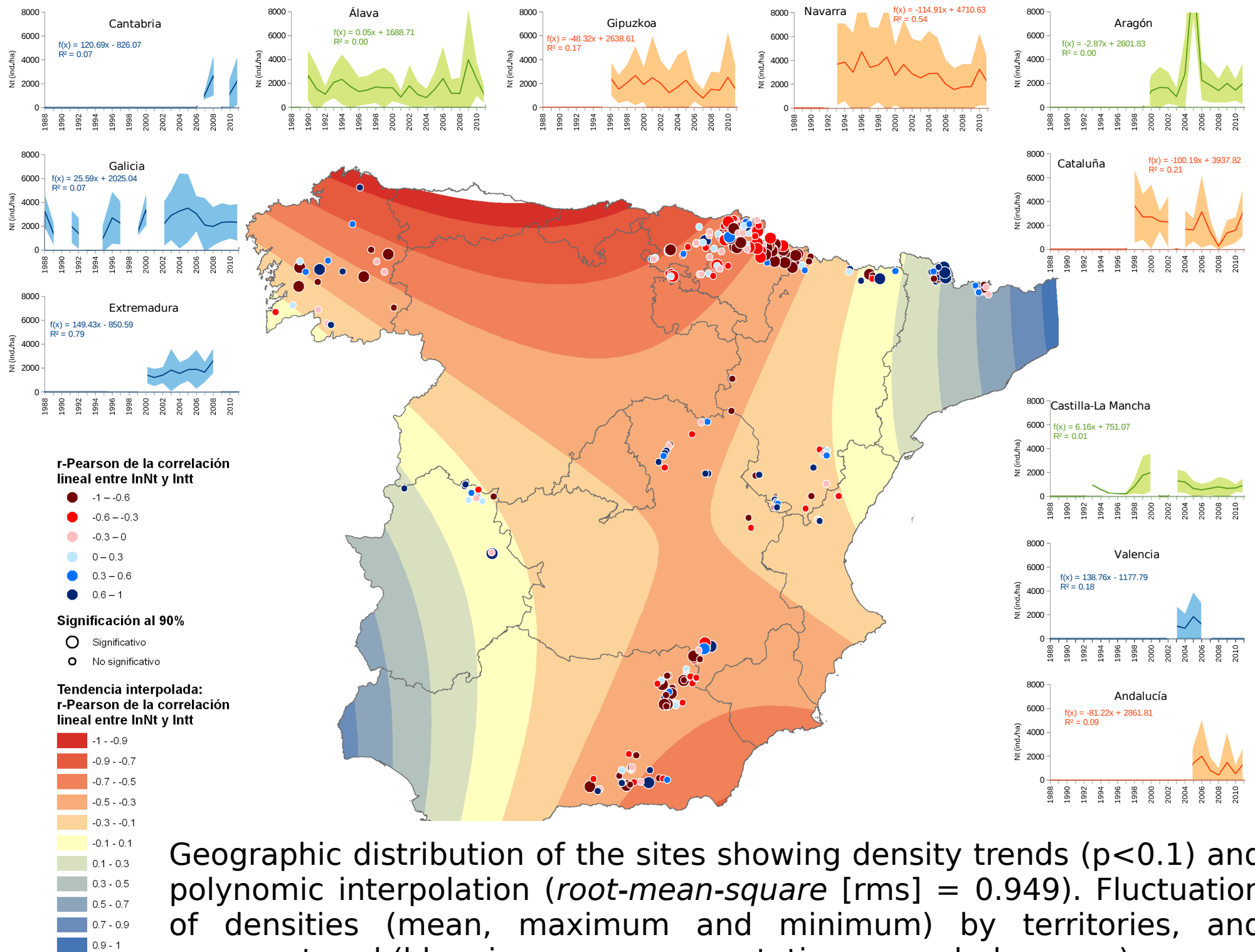
Doadrio (2001)

Leading edge



Rear edge

Hampe & Petit. 2005. Ecology Letters, 8(5)



Geographic distribution of the sites showing density trends ($p < 0.1$) and polynomial interpolation (*root-mean-square* [rms] = 0.949). Fluctuation of densities (mean, maximum and minimum) by territories, and average trend (blue: increase; green: stationary; red: decrease).

How do human pressures directly acting on trout populations contribute to this trend?

Material

Data

Abundance

- Time series ranging **3 - 19 years** (1993-2011)
- **723 sites y 3.915 sampling occasions**
- After **quality control: 618 sites y 3.280 occasions**

Drivers

- **Mean daily flow data series** for the whole study period from Official Gauging Station Network (ROEA, MAGRAMA).
- **Mean daily air temperature data series** from the Spanish Meteorological Agency (AEMET).
- Geographic-mesological: latitude, longitude, altitude, channel slope, site width and lithology

Pressures

- Presence/absence of **dams** with **flow regulation** upstream the site
- Presence/absence of significant **impacts and pressures** (WFD) affecting the site
- Angling regulatory measures

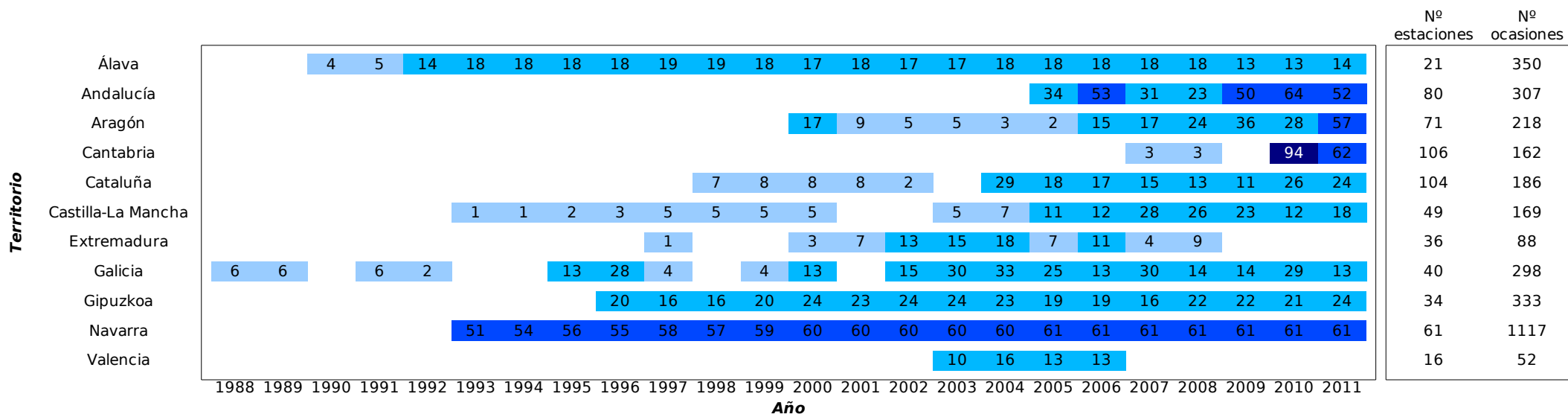
Material

Variable average values and range amplitude

Response var.	Units	Mean	Maximum	St. dev.	Explicative var.	Units	Minimum	Mean	Maximum	St. deviation
N	ind. ha-1	2229	24571	2581	Series length	yr	1	11	22	7.19
N^{0+}	ind. ha-1	1147	19501	1757	Start series	date	1988	1998	2011	6.27
N^{1+}	ind. ha-1	749	8665	973	End series	date	2001	2010	2011	1.97
N^{2++}	ind. ha-1	344	4600	433	Longitude	G M.m	08 20.281 W	02 16.415 W	02 30.955 E	06 05.563
r		-0.11	4.59	0.95	Latitude	G M.m	36 46.638 N	41 56.515 N	43 30.931 N	01 52.358
r^{0+}		0.82	8.00	1.93	Altitude	m.a.s.l.	9	638	2356	367.81
z^{0+}		0.39	7.27	1.48	Slope	‰	0.0	7.4	59.1	6.16
$\sigma(N[\text{site}])$	ind. ha-1	1252	8332	1053	Width	m	1.0	8.0	39.3	4.13
B	g ha-1	79	711	73	$QmdA$	m3 s-1	0.03	7.66	37.53	8.83
$\sigma(B[\text{site}])$	g ha-1	39	246	31	$QmxA$	m3 s-1	0.26	103.41	528.20	126.42
					$QmnA$	m3 s-1	0	0.56	3.09	0.62
					$Gauge\ QmdA$	m3 s-1	0.18	7.60	35.24	7.21
					$TmdA$	°C	4.6	12.6	18.1	1.99
					$TmxAmd$	°C	16.7	25.4	32.3	2.15
					$TmxAmx$	°C	26.0	35.9	44.0	2.85
					$TmnAmd$	°C	-6.8	1.5	7.3	2.32
					$TmnAmn$	°C	-20.0	-7.1	0.5	3.25
					$Termo\ TmdA$	°C	5.3	12.5	16.6	1.83

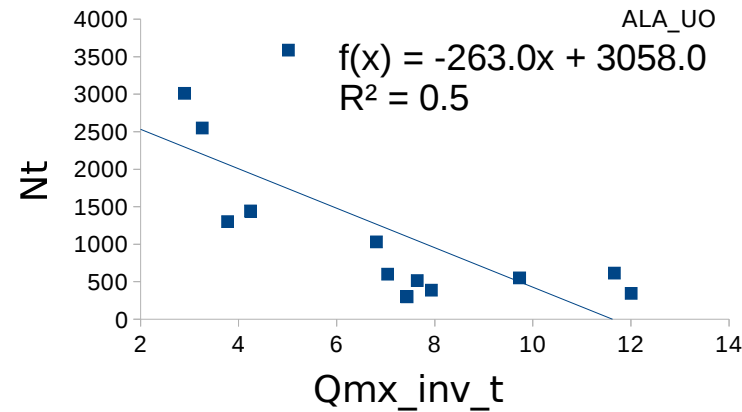
Material

Abundance time series after quality control by territories



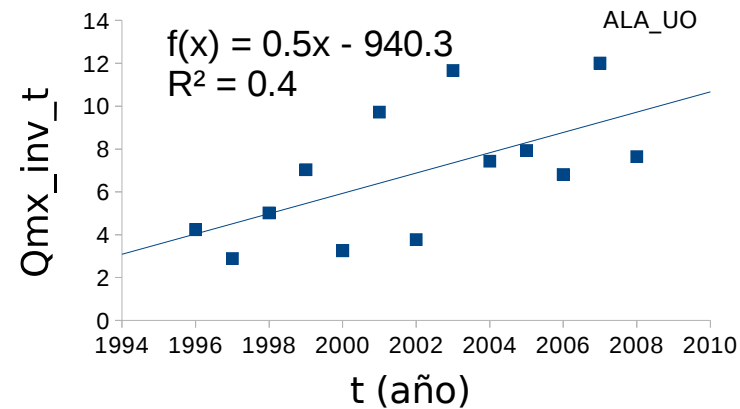
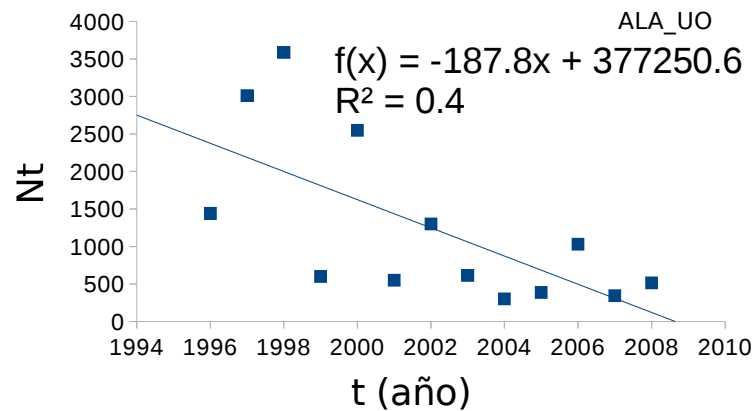
Methods

1) What factors drive temporal variability in brown trout abundance?



GLM

(2) In which proportion of the study sites temporal abundance trends concur with trends of driving factors?



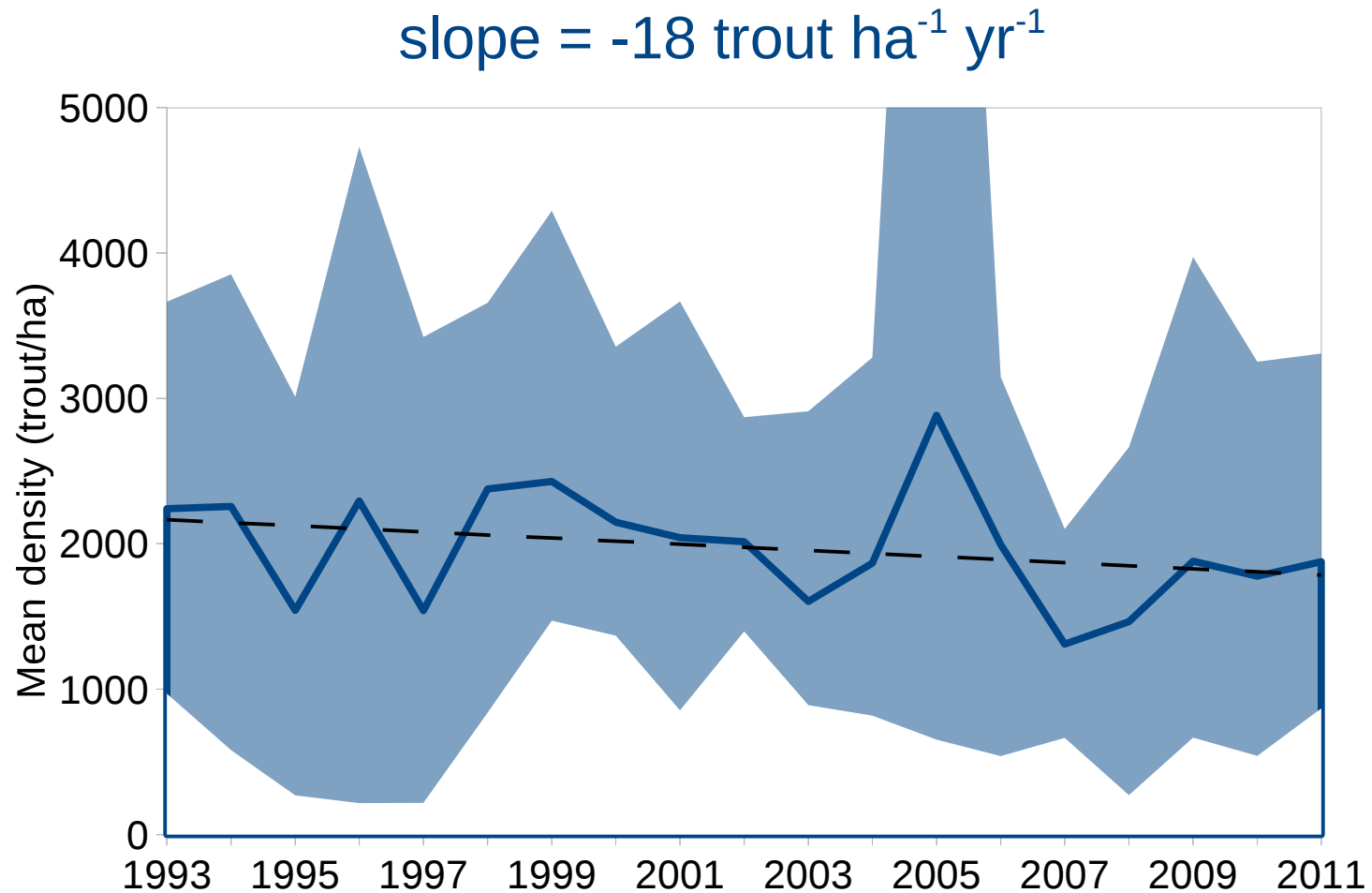
GLM

(3) Do human-induced alterations affect sites where declining populations do not concur with consistent trends of driving factors?

t-test (Bonferroni)



Results



The observed average general trend shows a **decrease** in density of **18 trout $\text{ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$** along the studied period.

Results

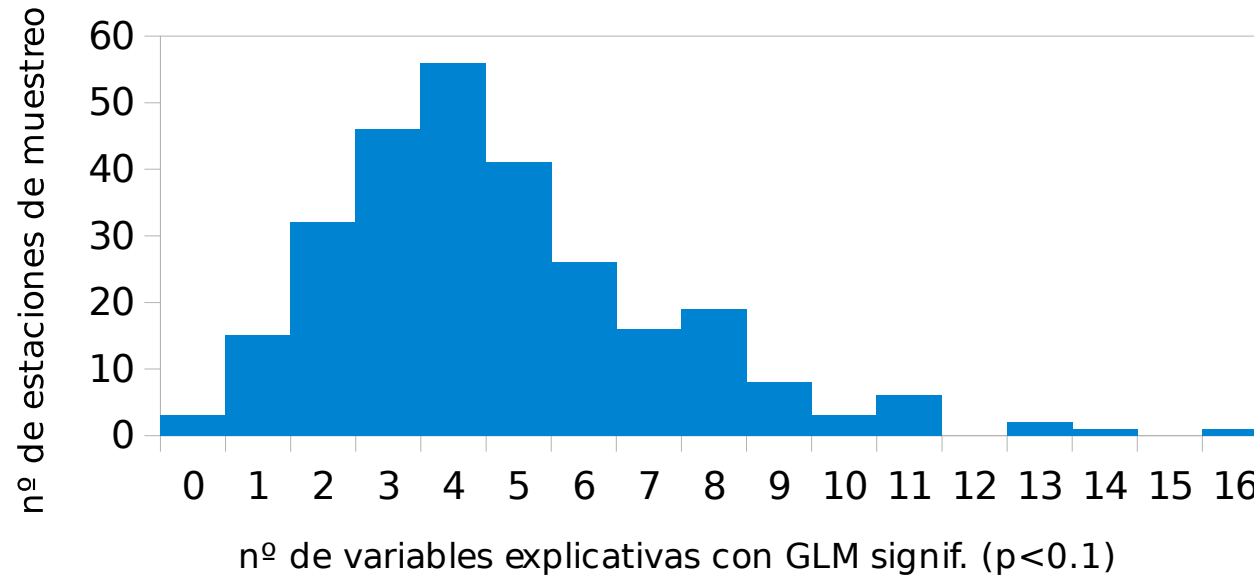
Estación de muestreo	Río	Territorio	a
ALA_UO	Ugalde	Álava	2.78
AND_212	Aguasmulas	Jaén	1.99
ARA_07_ARAGONSUBORDAN_COTOHECHO_CSS	Aragón-Subordán	Huesca	2.71
GAL_14_CHANTADA	Asma	Lugo	-4.40
GIP_LEI23000	Leitzaran	Gipuzkoa	0.78
GIP_LEI30800	Leitzaran	Gipuzkoa	1.43
GIP_URU30000	Urumea	Gipuzkoa	1.75
NAV_0110	Eska	Navarra	2.67
NAV_0120	Eska	Navarra	1.34
NAV_0320	Uztárroz	Navarra	0.98
NAV_0720	Salazar	Navarra	3.77
NAV_1010	Areta	Navarra	2.25
NAV_1110	Irati	Navarra	7.54
NAV_1150	Irati	Navarra	3.04
NAV_1220	Arrañosa	Navarra	2.71
NAV_1310	Sorogain	Navarra	4.98
NAV_1440	Arga	Navarra	4.93
NAV_1940	Orokiet	Navarra	1.94
NAV_2510	Erasote	Navarra	3.12
NAV_2630	Urumea	Navarra	3.32
NAV_2730	Baztan	Navarra	2.38
NAV_2750	Bidasoa	Navarra	1.07

Estimate of the slope, a , of the GLM ($N^{0+}_{t+1} = a N^{2++}_t + b$) among the density of 0+ in year $t+1$, N^{0+}_{t+1} , and adult density the previous year, N^{2++}_t where it significant ($p < 0.1$).

Only **14%** of the sites (22 out of 156) a significant relation among **fry density in year $t+1$ and adult density in year t** was detected. A single site (Asma stream, Lugo, NW Spain) showed a negative relation. Evidence of **density-dependent recruitment** regulation are, therefore, almost **anecdotal**

34% of the sites showed a **positive** relation between **juvenile (1+) density in year $t+1$ and fry density in the previous year t** .

Results

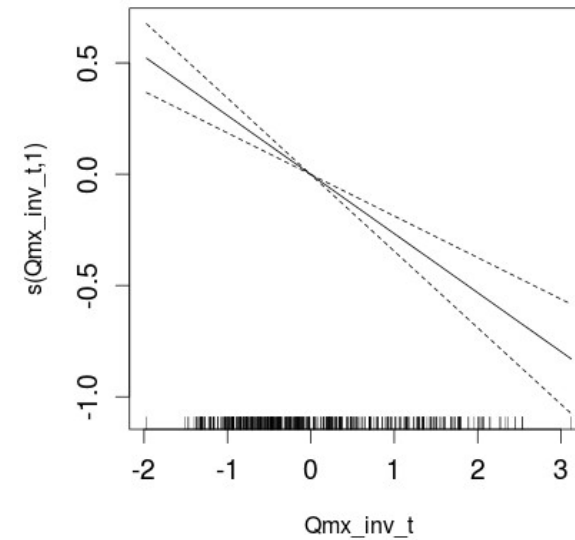


Number of sites with a significant ($p < 0.1$) GLM among any of the abundance variables and potential flow and temperature drivers (e.g. 46 sites at least one abundance variable is related to three flow and temperature drivers), $n=276$ sites.

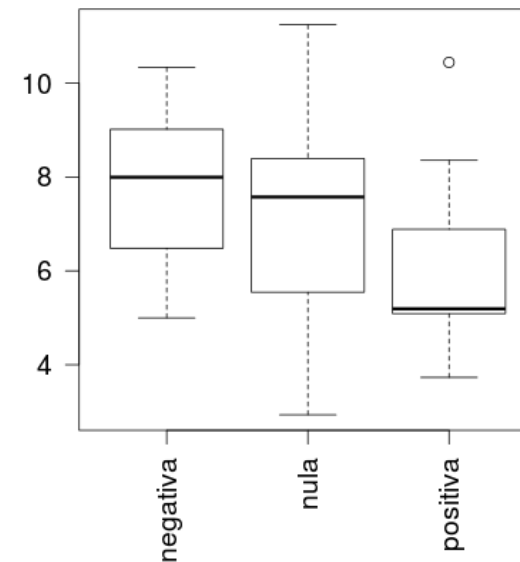
87% (118 out of 135) sites showed a significant linear relation between **0+ density** and, at least, **one external driver**; and **94%** (134 out of 140) in the case of **total density**.

Recruitment is related to **flow** and **temperature** variables in **77%** and **76%** of sites, respectively.

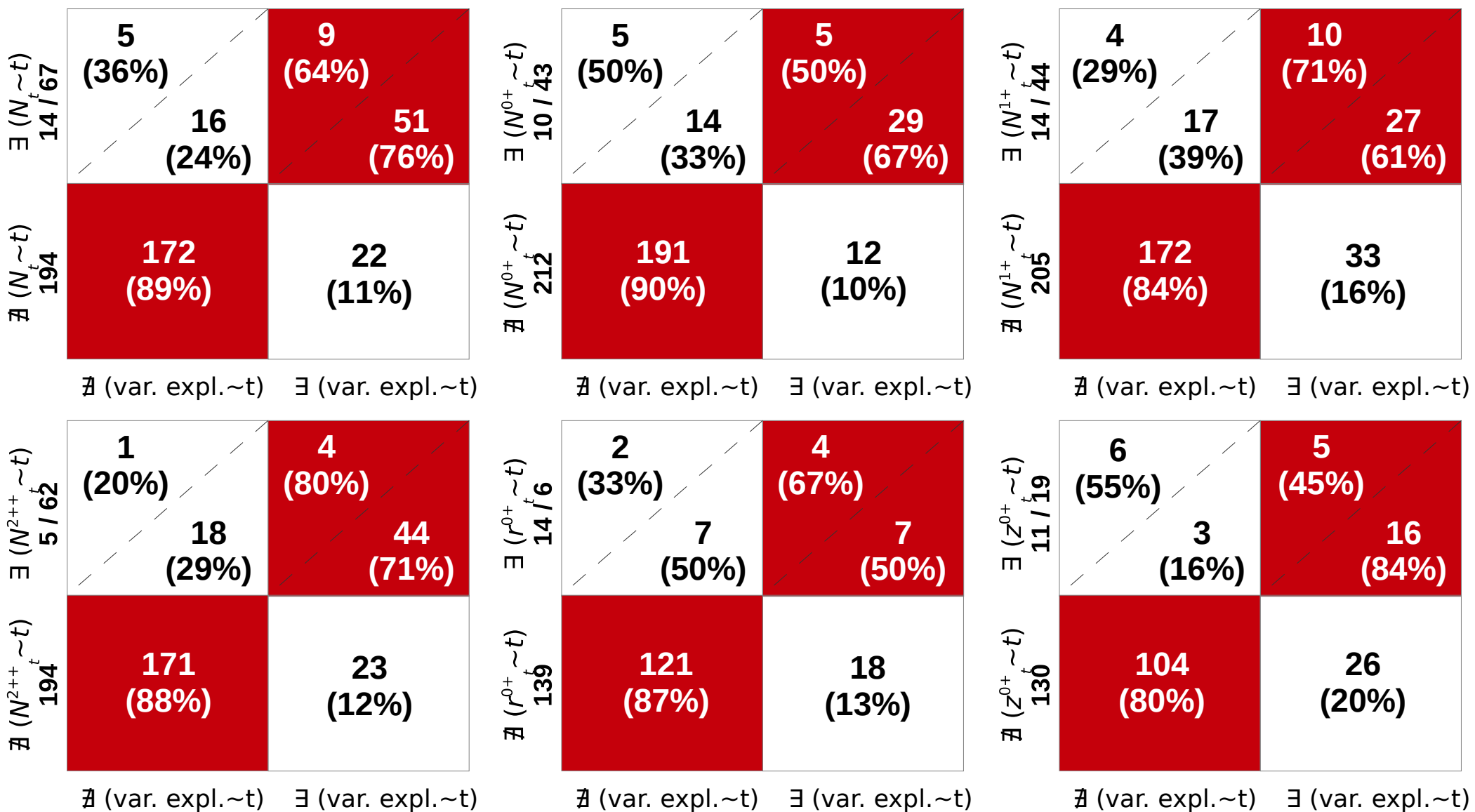
Results



Maximum winter flow significantly drives annual **recruitment**; **high** winter maxima **reduce** recruitment.

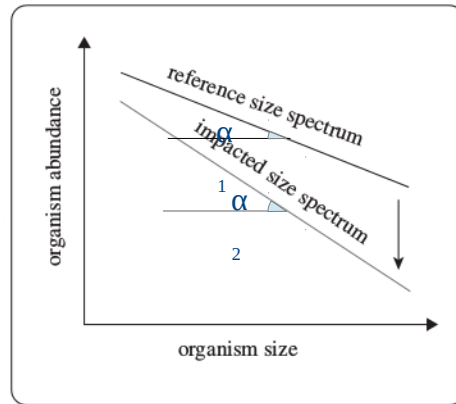
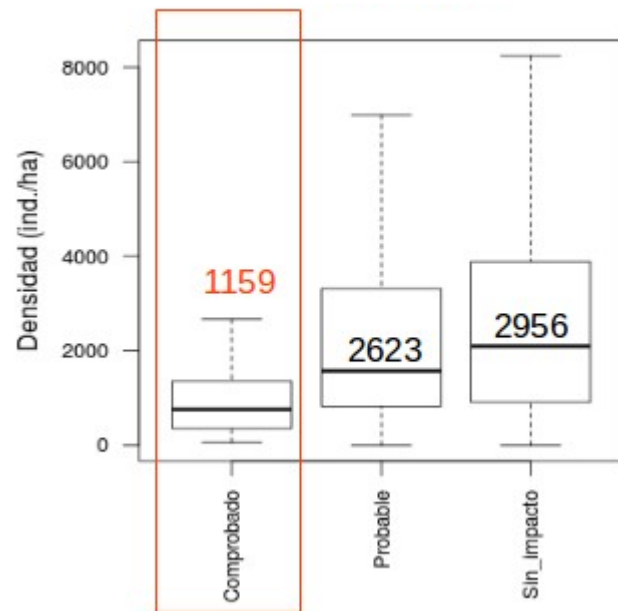


The population response to **flow** is more **uniform** across the study area than the response to **temperature**, which is highly **site specific**.

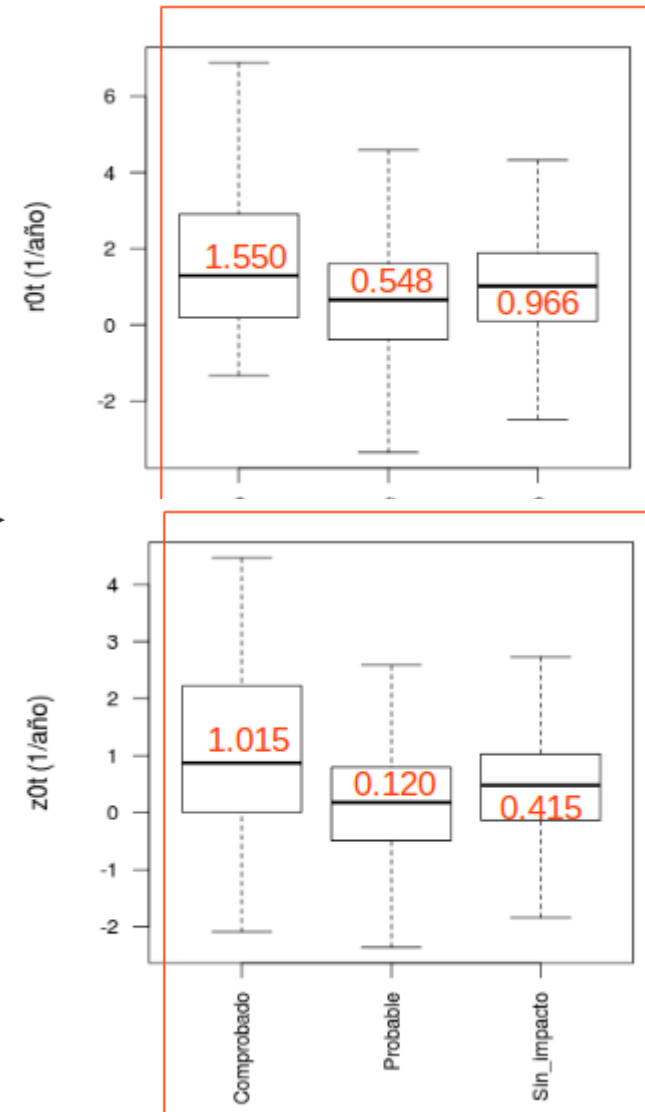


Contingency table with the number of sites with co-incident temporal trends of each population variable and its external drivers. Vertical and horizontal axes separate sites with (\exists) and without (\nexists) trend in the population variable and the driver, respectively.

Most of the decreasing trends (e.g. 76% N~t) can be related to **unfavourable trends in hydrological and thermal drivers.**

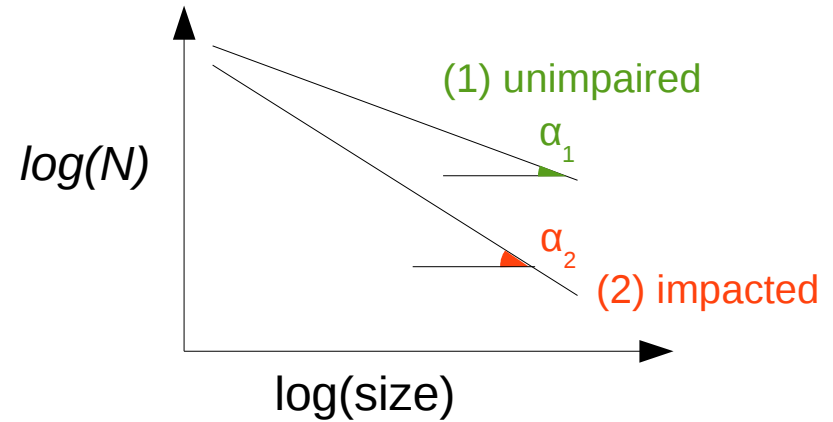
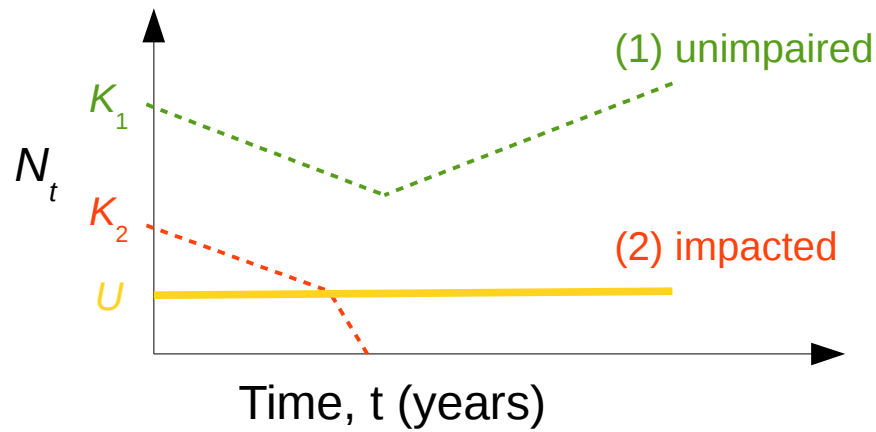


Petchey & Belgrano (2010) Biol. Lett. 6, 434–437



The realized carrying capacity appears significantly lower ($p < 0.05$) in impacted than in unimpaired sites.

Moreover, populations in impacted sites show significantly higher recruitment and mortality rates, behaving like artificially 'accelerated' populations.



$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 > K_2 \\ \alpha_1 < \alpha_2 \end{array} \right\} \Rightarrow K = c \frac{1}{\alpha}$$

The observed trend is occurring in populations whose dynamics are previously altered by human impacts; namely, a reduced resilience due to a lesser carrying capacity and higher volatility (artificially 'faster' populations).

In addition, the **lack of connectivity** among populations due to **dams** reduce the **resilience** in the rear edges of the species native distribution.

This is occurring in a context of **global change** whose effects on drivers are likely to remain or, even, to intensify in the study area.

Thank you

Data collected and analysed by:

Juan Diego Alcaraz, Javier Álvarez, José Ardaiz, Iñaki Bañares, Joan Baraut, Carlos Cabanas, Enrique Castién, Mónica Espinosa, Llanos Gabaldón, Ricardo García Post, Esther Ginés, Francisco Hervella, Sara Lapesa, José Enrique Larios, Francisco Martínez Capel, Iñigo Mendiola, Borja Nebot, Ana Palacios and Ángel Serdio.



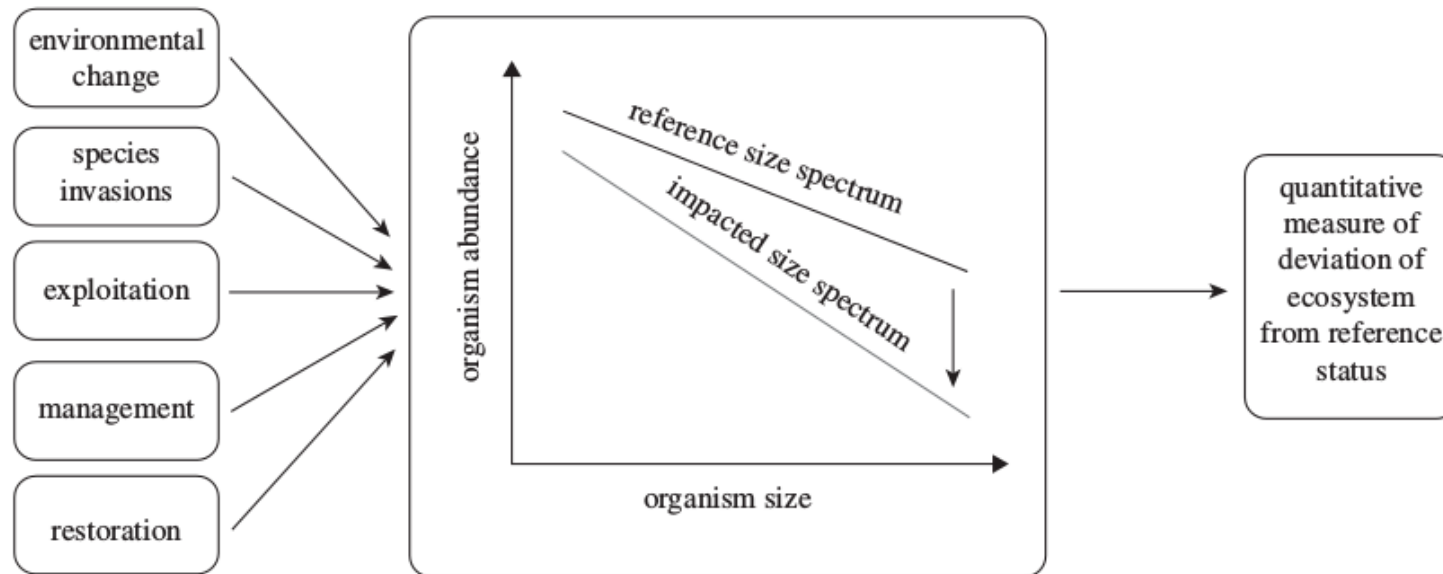
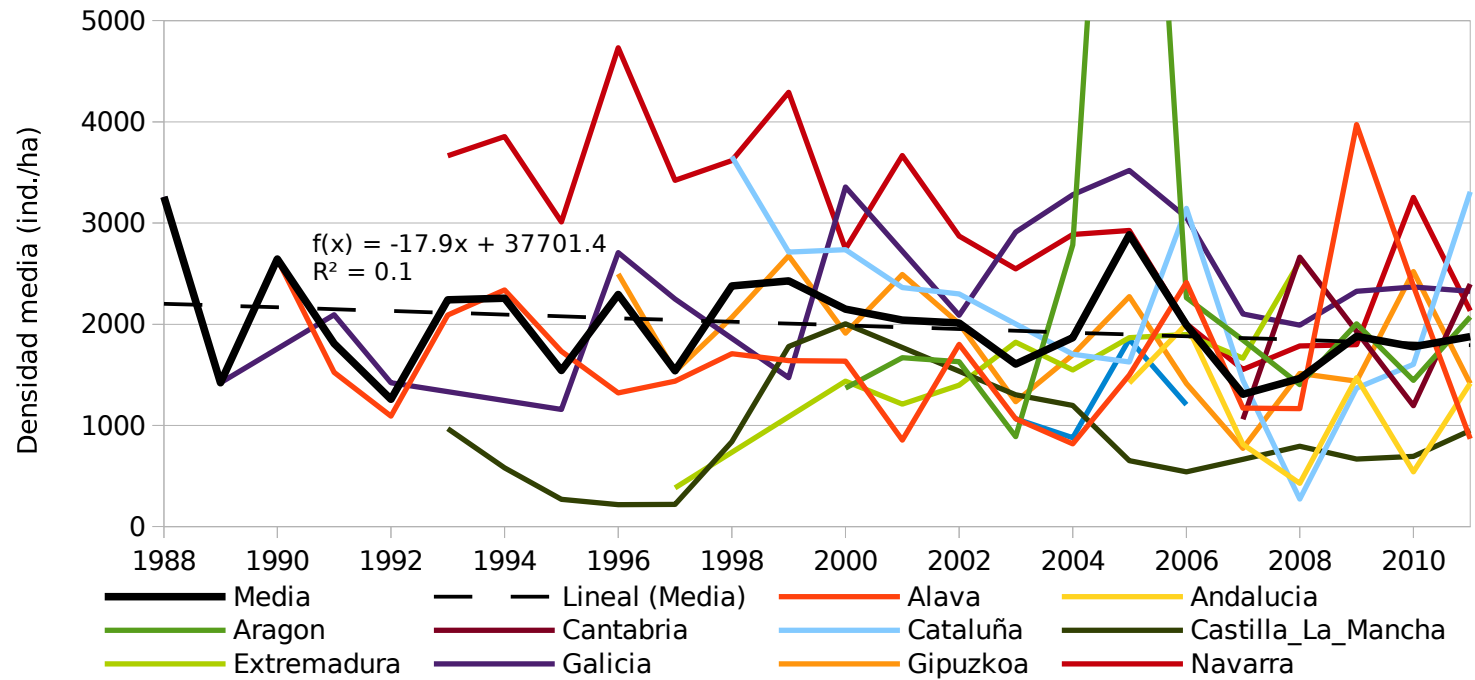


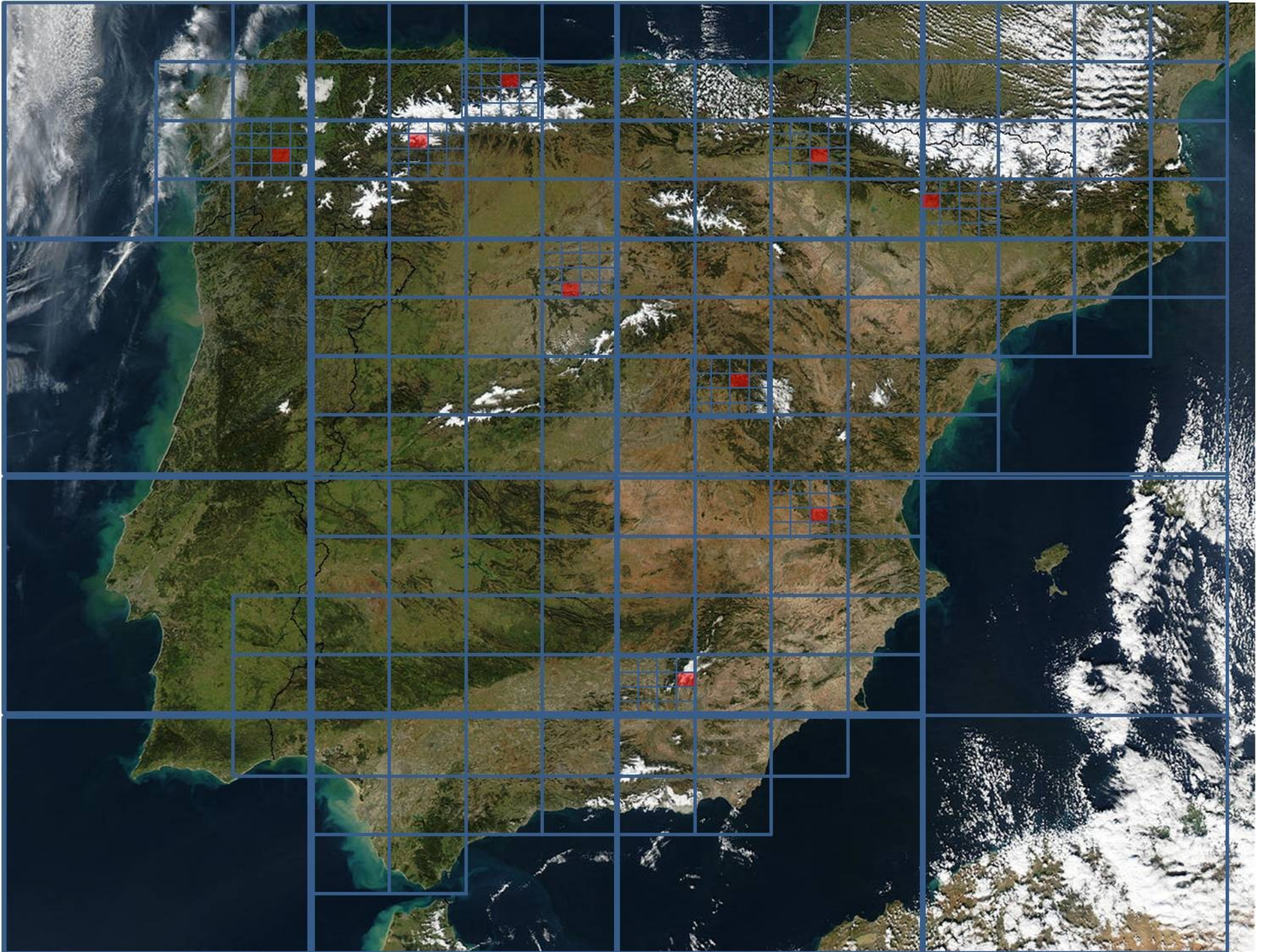
Figure 2. Universal size? The size of individuals in an ecological community is affected by many kinds of processes, from human exploitation to species extinctions. Ecological theory can predict the reference size spectrum. The European Science Foundation funded SIZEMIC Research Network is researching the potential for size spectra to incorporate elements taxonomy to produce universal indicators of ecosystem status.

Material

Average values of density, Nt, by territories along the studied period

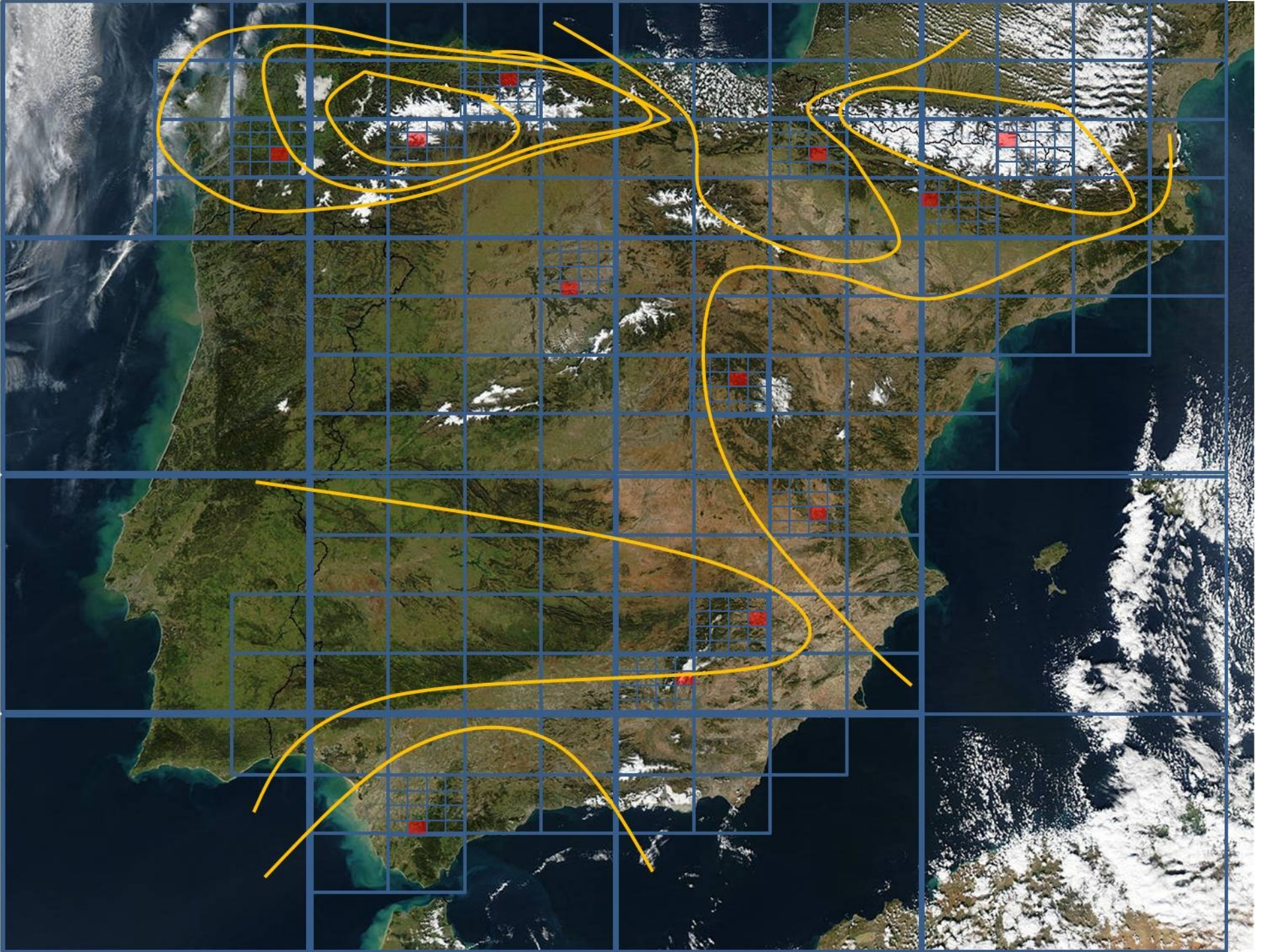


Methods

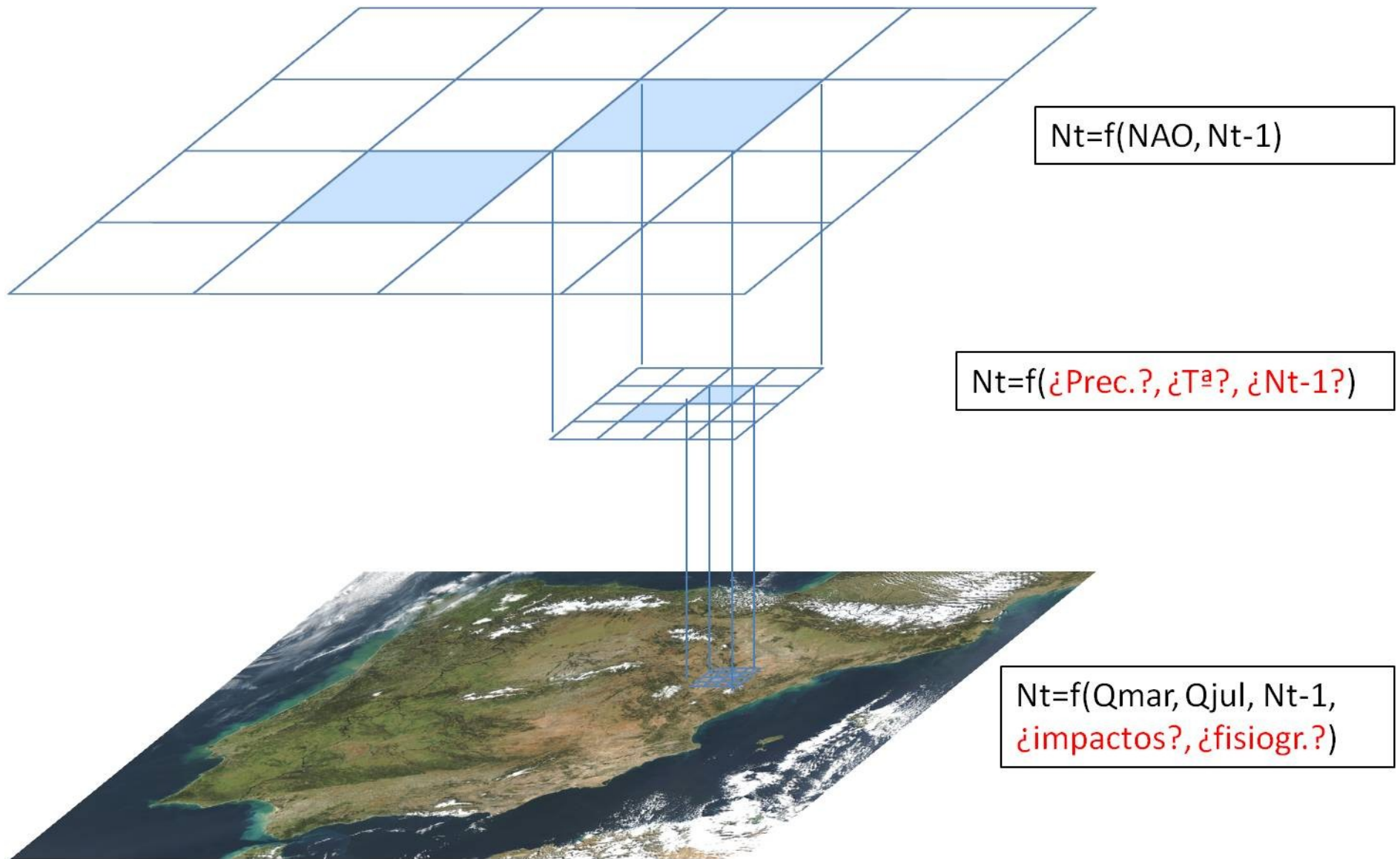


Methods

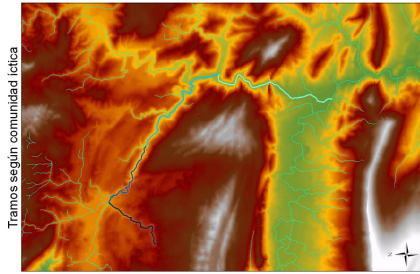
Polynomic interpolation



Methods



Methods



{Lat.; Long.; Alt.; Slope}



{Tmn; Tmd;Tmx}
win,spr,sum,aut



{Qmn; Qmd;Qmx}
win,spr,sum,aut



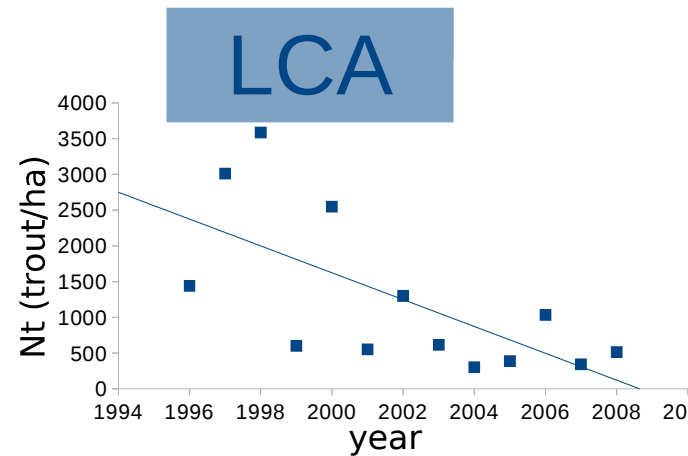
PCA

{PC₁, PC₂, PC₃, ..., PC_n}
orthogonal



$$r\text{-Pearson}(N_t \sim t) = \beta_1 PC_1 + \dots + \beta_n PC_n + \text{pressures}$$

GLM



Material

Response variables

Nombre	Símbolo	Valor	Definición	Enfoque	Tipo
Densidad	N_t	N_t	Densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de truchas observada en el año t .	series temporales	estática
Densidad de alevines	N^{0+}_t	N^{0+}_t	Densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de las truchas de la clase de edad 0+ observada en el año t .	demográfico	estática
Densidad de juveniles	N^{1+}_t	N^{1+}_t	Densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de las truchas de la clase de edad 1+ observada en el año t .	demográfico	estática
Densidad de juveniles	N^{2++}_t	N^{2++}_t	Densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de las truchas de la clase de edad 2+ y superiores observada en el año t .	demográfico	estática
Tasa de reclutamiento	r^{0+}_t	$\ln(N^{0+}_t/N^{2++}_{t-1})$	Tasa de reclutamiento de alevines (CE 0+) observada en el año t , generada por los reproductores (CE 2++) de la población del año $t-1$.	demográfico	tasa
Tasa de mortalidad de alevines	z^{0+}_t	$-\ln(N^{1+}_t/N^{0+}_{t-1})$	Tasa de mortalidad de la cohorte nacida en el año $t+1$ en su primer año de vida.	demográfico	tasa

Material

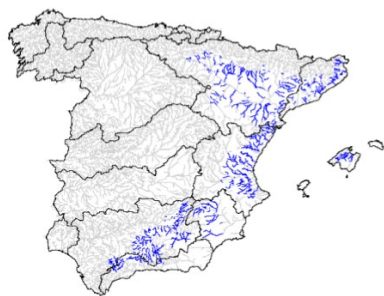
Geographic- mesological and pressures site variables

Nombre	Símbolo	Definición	Tipo
Densidad media	Densidad_Media	Media de los valores de densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de toda la serie de datos de la estación.	Características del inventario
Densidad máxima	Densidad_Máxima	Máximo de los valores de densidad poblacional (ind. ha ⁻¹) de toda la serie de datos de la estación.	
Tamaño de la serie de datos	Densidad_n	Número de datos anuales de densidad de toda la serie de la estación.	
Año inicial	Año_Ini	Primer año de la serie de datos de densidad de la estación.	
Año final	Año_Fin	Último año de la serie de datos de densidad de la estación.	
Biomasa media	Biomasa_Media	Media de los valores de biomasa poblacional (kg. ha ⁻¹) de toda la serie de datos de la estación.	
Biomasa máxima	Biomasa_Máxima	Máximo de los valores de biomasa poblacional (kg. ha ⁻¹) de toda la serie de datos de la estación.	
Tipo de estacion	Tipo_estacion	"Punto" o "Tramo"	Geográficas
Longitud	UTM_X	Coordenada UTM X (m) de la estación de muestreo	
Latitud	UTM_Y	Coordenada UTM Y (m) de la estación de muestreo	
Altitud	Altitud	Altitud (cota) de la estación de muestreo (m)	
Río	Rio	Nombre del río en que está la estación de muestreo	
Demarcación	Demarcacion	Demarcación hidrográfica en que está la estación de muestreo	
Provincia	Provincia	Provincia en que está la estación de muestreo	
Regulado	Regulado	¿Hay una presa del IPE aguas arriba de la estación de muestreo?: SI, NO	Afecciones
Naturaleza de la masa (DMA)	Naturaleza_masa	Natural o fuertemente modificada según la clasificación de la Directiva Marco del Agua.	
Tipo de masa de agua (DMA)	Tipol_nom	Nombre del tipo de río según la clasificación de la Directiva Marco del Agua.	
Presión (DMA)	Presion_txt	Presión sobre la masa de agua (en texto) según la clasificación de la Directiva Marco del Agua.	
Impacto (DMA)	Impacto_txt	Impacto sobre la masa de agua (en texto) según la clasificación de la Directiva Marco del Agua.	
Riesgo (DMA)	RiesgoUE_txt	Riesgo de incumplimiento de los objetivos de la DMA de la masa de agua (en texto) según la clasificación de la Directiva Marco del Agua.	
Geología	Geologia	Geología de la estación de muestreo: Calizo, No calizo	Fisiog.
Pendiente	Pendiente	Pendiente de la estación de muestreo (%)	

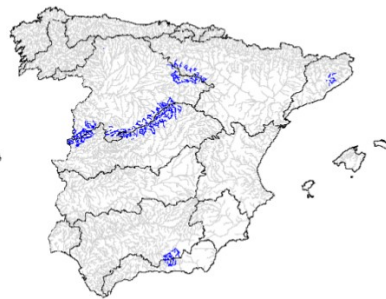
Tipos de ríos



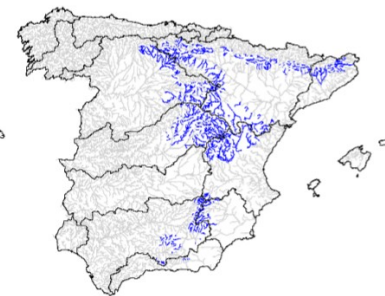
Ríos de la baja
montaña
mediterránea silíceo



Ríos mineralizados de
baja montaña
mediterránea



Ríos de montaña
mediterránea silíceo



Ríos de montaña
mediterránea calcárea



Ríos cántabro-atlánticos
silíceos



Ríos vasco pirenaicos



Gargantas de Gredos
Béjar



Ríos de montaña
húmeda calcárea



Ríos de alta
montaña



Ejes fluviales
principales cántabro-
atlánticos silíceos



Ejes fluviales
principales cántabro-
atlánticos calcáreos



Ríos costeros
cántabro-
atlánticos



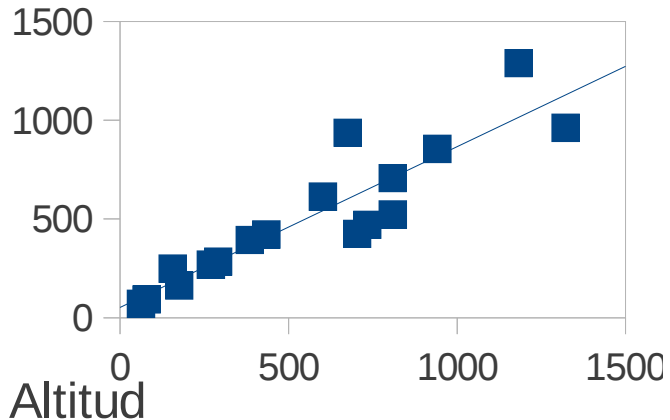
Pequeños ejes
cántabro-atlánticos
silíceos



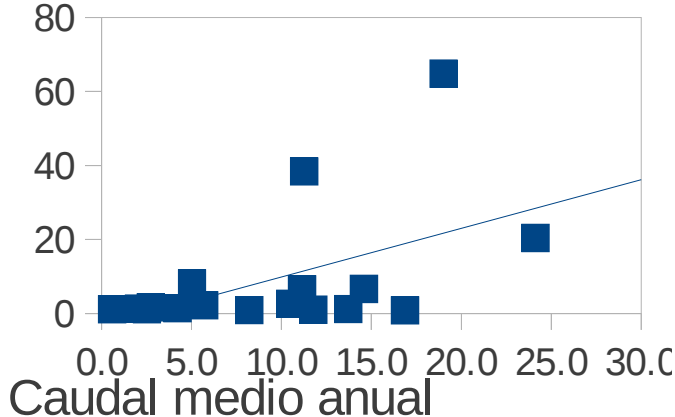
Pequeños ejes
cántabro-atlánticos
calcáreos

Características de las estaciones vs. tipos de ríos

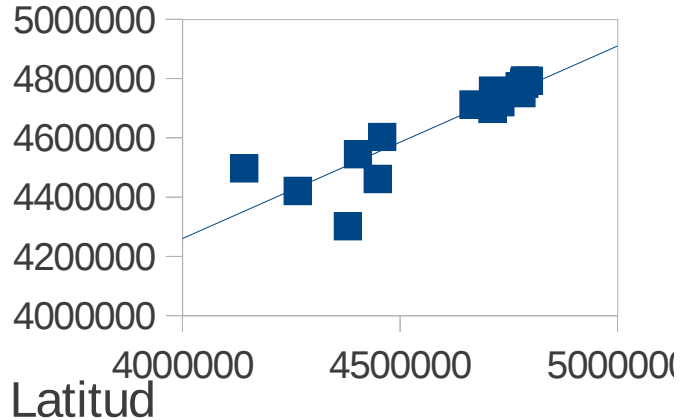
$$f(x) = 0.8136916629x + 51.7064793095$$
$$R^2 = 0.8179409259$$



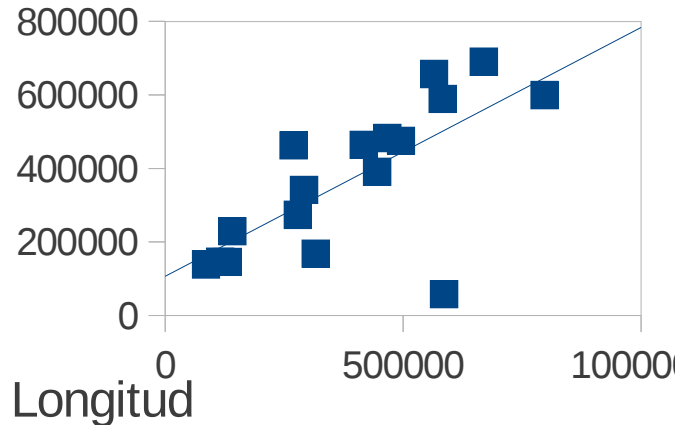
$$f(x) = 1.3126982395x - 3.2603061773$$
$$R^2 = 0.255755576$$



$$f(x) = 0.6498283751x + 1660651.32947$$
$$R^2 = 0.7954873256$$



$$f(x) = 0.6766469903x + 106526.227135$$
$$R^2 = 0.5000462496$$



$$f(x) = 0.7054568121x + 2.5709868845$$
$$R^2 = 0.4493149588$$

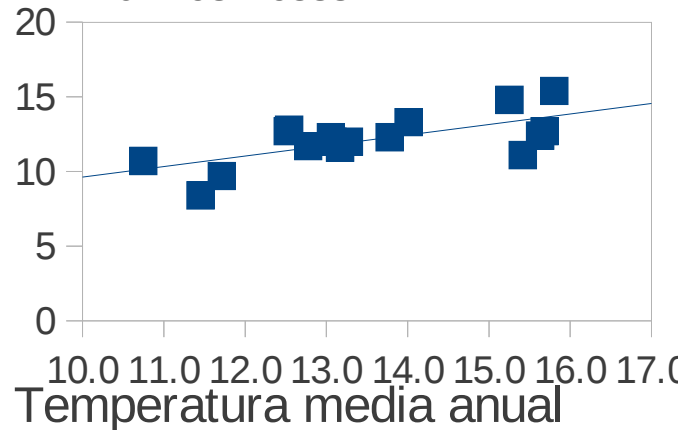
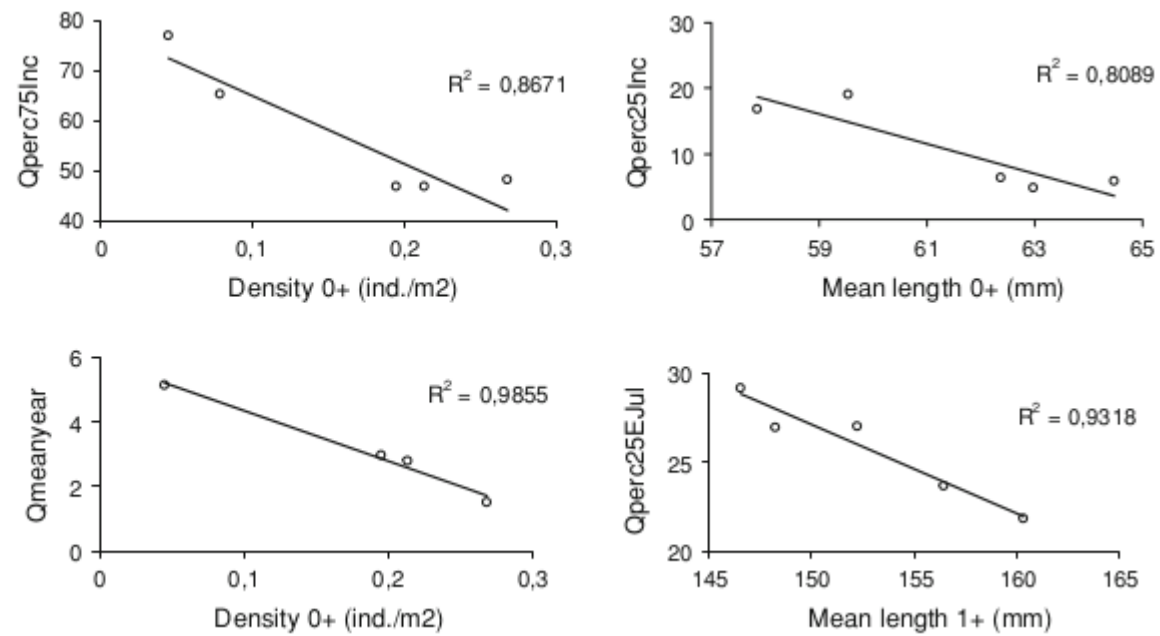
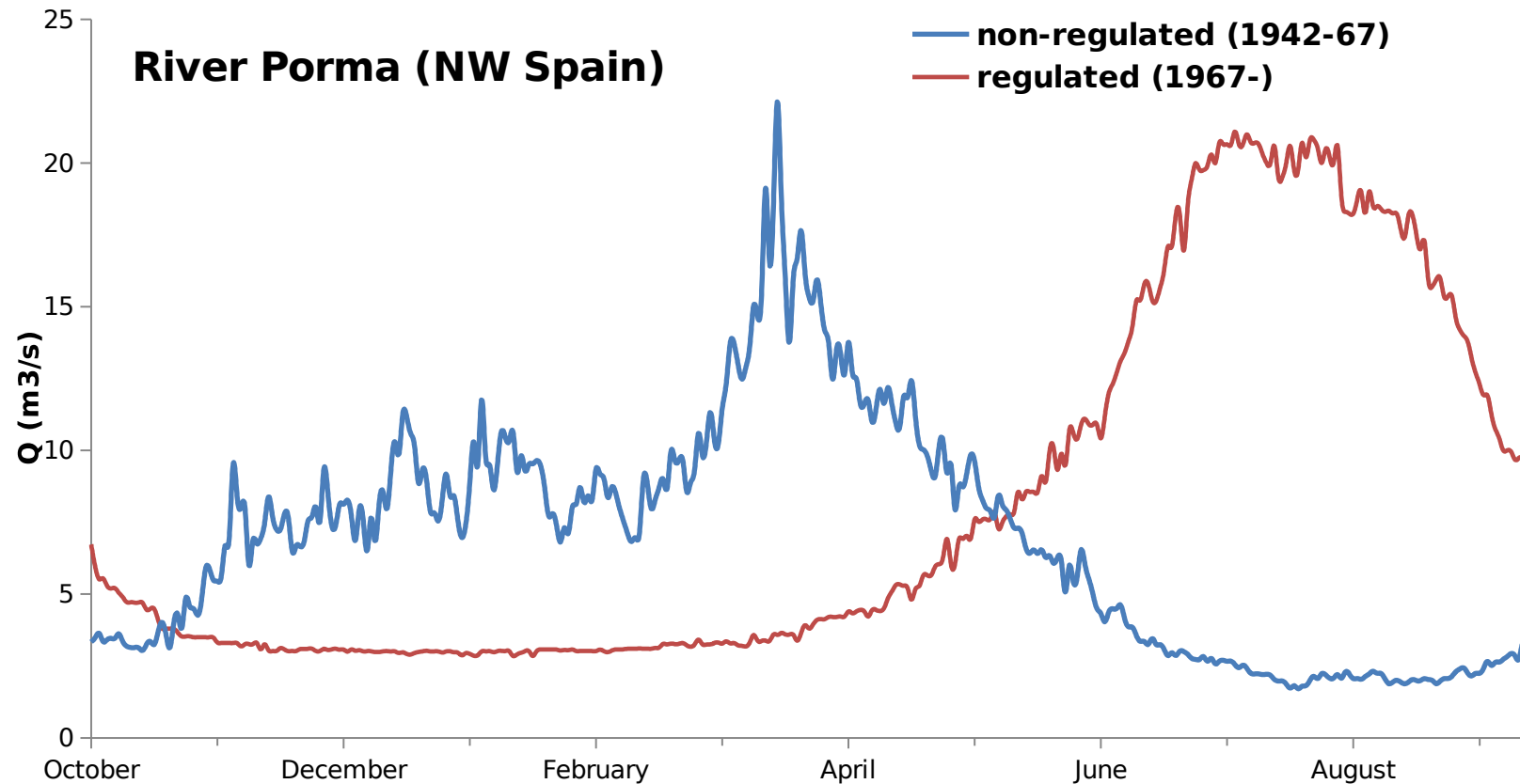


Fig. 3 Regression analyses and proportion of variability (R^2) of population variables explained by flow metrics by means of linear models



Alonso et al. (2008)





Valle de Olaeta (Álava) en 1956.



Valle de Olaeta (Álava) en 2011.

(T. Lorenzo. En: Cantero *et al.* 2013)

El hombre retrae a la teselas maduras a etapas sucesionales más inmaduras, ya que “el rendimiento que el hombre puede extraer de un ecosistema es mayor en etapas que anteceden poco o mucho a la clímax” (Margalef 1974).